

# 怀念核物理学家虞福春教授\*

陆 埏<sup>1 †</sup> 罗辽复<sup>2</sup> 王 凡<sup>3</sup> 许伯威<sup>4</sup>

(1 南京大学天文系 南京 210093)

(2 内蒙古大学物理系 呼和浩特 010021)

(3 南京大学物理系 南京 210093)

(4 上海交通大学物理系 上海 200030)

**摘 要** 回顾了虞福春教授一生的业绩. 他是一位杰出的实验物理学家, 1950 年, 他最早发现核磁共振谱线的化学位移, 为核磁共振技术在化学领域的应用打开了大门, 他测定了许多原子核的自旋和磁矩, 为检验核壳结构模型作出了重要贡献. 他又是一位优秀的教育家, 培养了一大批物理人才, 他的教学思想已经影响了几代学生.

**关键词** 核磁共振, 化学位移, 磁矩, 核壳结构

惊悉虞福春教授于 2003 年 2 月 12 日不幸病逝, 深感悲痛. 他的逝世是我国核科学事业的一大损失, 也使我们后辈失去了一位令人尊敬的导师.

虞福春先生是著名的核物理学家, 祖籍福州, 1914 年 12 月生于上海市. 1936 年, 他毕业于北京大学物理系. 曾先后在中央研究院物理研究所和西南联大物理系工作 10 年. 1946 年赴美留学, 1949 年在美国俄亥俄州立大学物理系获博士学位. 随后在美国斯坦福大学物理系做博士后研究, 成为 F. Bloch 学派的重要成员, 在原子核自旋、磁矩和核磁共振领域作出了一批先驱性的工作. 1951 年回国后, 一直在北京大学任教授, 从事教学工作.

虞先生在攻读博士学位和做博士后研究期间, 正是核磁共振和核壳结构模型的始创时期, 这两个项目以后导致了 1952 和 1963 年两次诺贝尔奖的颁发. 他的研究对这两个领域均作出了重要贡献. 他(与 W. G. Proctor 合作)是世界上最早发现核磁共振谱线与核所在的化学环境有关(称为核磁共振化学位移效应, 其实也可称为 Proctor - Yu(虞)效应)的科学家, 现在核磁共振已经成为化学、生物化学领域高精度的标准测量手段之一. 他发现的自旋耦合劈裂效应, 为核磁共振波谱学奠定了基础. 他精确测定了 20 多个稳定核素磁矩, 为核结构研究打下了基础, 对检验核壳结构模型作出了重要贡献. 在这短短的三五年时间内, 成果如此显赫、丰硕, 令人敬佩. 他严谨的工作作风和扎实的实验功底, 为我们树立了榜样.

核磁共振现象首先是在 1946 年由哈佛大学的 E. M. Purcell 和斯坦福大学的 F. Bloch 发现的. 在

此后的 5 年中, 这个手段只有物理学家使用. 虞先生 1950 年在斯坦福大学发现的核磁共振化学位移效应打开了核磁共振技术在化学领域应用的大门. 化学家很快认识到核磁共振谱对探测复杂分子中的微小结构变化是非常有效的. 1957 年发表了蛋白质(核糖核酸酶)的第一个核磁共振谱. 随着超导磁铁代替铁芯磁铁系统的出现, 核磁共振进一步进入了生物化学领域. 人们可以在硕大的生物聚合物中“看见”单个的质子. 氢键引起的谱线的化学位移是研究这类聚合物结构和功能的重要手段. 质子核磁共振谱的化学位移已经为分子生物学家提供了大量蛋白质结构和动力学信息. 现在, 核磁共振已经成为和 X 射线相提并论的两种主要的测定蛋白质结构的实验方法之一. 从某些方面来看, 核磁共振具有更诱人的前景, 因为 X 射线结构分析要求先对样品进行结晶, 而核磁共振方法没有这样的要求. 而且, X 射线结构分析主要决定于样品中电子云的散射, 因而对重元素灵敏. 然而在有机化学和生物聚合物中, 比比皆是, 而且在生物功能中扮演特殊重要角色的氢元素和质子, 它们在 X 射线结构分析中可能看不到, 但由于质子磁矩很大, 对核磁共振就特别灵敏. 作为分子生物学和蛋白质工程中如此重要而基本的实验方法——核磁共振, 它所依据的原理主要就是虞先生发现的核磁共振化学位移效应.

尽管核磁共振的化学位移对于分子生物学实验是如此重要, 但很少生物化学家知道虞福春先生的

\* 2003 - 03 - 07 收到

† 通讯联系人. E-mail: ltu@nju.edu.cn

名字,虞先生的原始论文也似乎并没有一个和“化学位移效应”相匹配的高引用率。即使在信息通畅的今天,这种“遗忘”现象在学科的交叉发展中仍然存在。虞先生淡泊地度过了一生,没有多少荣誉,没有多少桂冠。然而,他给世界留下了丰富的科学财富,他是我国杰出的物理学家。当后人用核磁共振的化学位移效应来研究大分子的结构时是不应该忘记这位先驱者的。

核壳结构模型是 1949 年由美国芝加哥大学的 Maria Goeppert Mayer 和德国海德堡大学的 J. Hans D. Jensen 创立的。1949 年是原子核壳模型刚刚提出的年代,自旋轨道耦合引起能级较大劈裂是壳模型为了得到正确的幻数(也即正确的单粒子能级)的一个重要假设。壳模型的另一假设是原子核基态中成对核子耦合成自旋为零的对,核基态的自旋和磁矩由最后一个不成对的核子的自旋和磁矩决定。核的自旋和磁矩成了检验壳模型假设的重要数据。当时这些数据还较缺乏,有的磁矩只知道数值不知道正负号。虞先生和 Proctor 等人在 1949—1951 年间用核磁共振技术测定和检验了  $\text{Be}^9$ ,  $\text{N}^{15}$ ,  $\text{O}^{17}$ ,  $\text{Mg}^{25}$ ,  $\text{Cl}^{35,37}$ ,  $\text{Sc}^{45}$ ,  $\text{V}^{51}$ ,  $\text{Mn}^{55}$ ,  $\text{Co}^{59}$ ,  $\text{Mo}^{95,97}$ ,  $\text{In}^{113,115}$ ,  $\text{Sn}^{115}$ ,  $\text{Sb}^{121,123}$ ,  $\text{Xe}^{129,131}$ ,  $\text{Re}^{185,187}$ ,  $\text{Pt}^{195}$ ,  $\text{Hg}^{199}$ ,  $\text{Bi}^{209}$  等 24 个核的磁矩和自旋,确定了其中不少核磁矩的正负号,证实了的确是最后一个未配对质子或中子在起作用。有些核原有自旋数据不对,例如  $\text{Co}^{59}$  原定的自旋为  $5/2$ ,后经虞先生等从磁矩测定中得到改正,应为  $7/2$ ,对应轨道为  $f_{7/2}$ ,和壳模型预言符合。 $\text{Mo}^{95,97}$  中的中子处于  $d_{5/2}$  轨道也是由他们测定磁矩为负值而定下来的。 $\text{O}^{17}$  的自旋也由他们的磁矩测定而定出,为  $5/2$ ,对应轨道为  $d_{5/2}$ 。这些测定对于早期验证壳模型理论起了很重要的作用。

虞先生也是我国著名的教育家,是我们尊敬的老师。半个世纪以前,我们在北京大学物理系读普通物理课程时,虞先生就教我们“光学”。他是一位实验物理学家,但他的讲课却非常重视理论系统。例如,他讲的菲涅耳(A. J. Fresnel)原理,概念清晰、推导严谨,使我们深深地体会到物理理论的力量。当

然,他也非常强调实验的头等重要。但是,他并不停留在实验本身。无论实验结果,还是实验方法,他都还要从理论上加以考究。正是因为这样,他的实验研究能很快找出物理根子,并及时抓住物理成果。事实上,一个实验物理学家必须理解物理理论,同样,一个理论物理学家也必须理解物理实验。虞先生就是这样做的,也是这样教我们的。他的这种言传身教,对我们产生了很深的影响,在我们自己的教学生涯中,也时时处处学着这样做。

1955 年,作为主要负责人之一,虞先生在北京大学筹建了我国第一个核科学教育基地,就是后来的北京大学技术物理系。我们有幸成为这个领域的早期学生,又聆听过他讲授的《原子核物理实验方法》以及《 $\beta$ 、 $\gamma$  射线能谱学》等课程。他备课努力、讲课认真,他阐述生动、推导严谨,他板书工整、一丝不苟,他诲人不倦、平易近人,他作风正派、待人热情,这一切都给我们留下了深刻的印象,也影响了他的几代学生。

## 附录:虞福春先生关于原子核自旋、磁矩和核磁共振的部分原创性著作

- [ 1 ] Proctor W G, Yu F C, “ On the magnetic moment of  $\text{Sn}^{115}$ ,  $\text{Cd}^{111}$ ,  $\text{Cd}^{113}$ , and  $\text{Hg}^{199}$  ”, Phys. Rev. ,1949 76 :1728
- [ 2 ] Proctor W G, Yu F C. “ On the magnetic moments of  $\text{Mn}^{55}$ ,  $\text{Co}^{59}$ ,  $\text{Cl}^{37}$ ,  $\text{N}^{15}$  and  $\text{N}^{14}$  ”, Phys. Rev. ,1950 77 :716
- [ 3 ] Proctor W G, Yu F C. “ The dependence of a nuclear magnetic resonance frequency upon chemical compound ”, Phys. Rev. 1950 77 :717
- [ 4 ] Proctor W G, Yu F C. “ On the magnetic moments of  $\text{Xe}^{129}$ ,  $\text{Bi}^{209}$ ,  $\text{Sc}^{45}$ ,  $\text{Sb}^{121}$  and  $\text{Sb}^{123}$  ”, Phys. Rev. ,1950 78 :471
- [ 5 ] Proctor W G, Yu F C. “ On the nuclear magnetic moments of several stable isotopes ”, Phys. Rev. ,1951 81 :20
- [ 6 ] Alder F, Yu F C. “ On the spin and magnetic moment of  $\text{O}^{17}$  ”, Phys. Rev. ,1951 81 :1067
- [ 7 ] Alder F, Yu F C. “ On the magnetic moment of  $\text{Mg}^{25}$ ,  $\text{Re}^{185}$ ,  $\text{Re}^{187}$ , and  $\text{Be}^9$  ”, Phys. Rev. ,1951 82 :105